## ПОЛІКРИТЕРІАЛЬНІ МОДЕЛІ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛІННЯ В ГНУЧКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ЗМІННОГО СТРУМУ

**Колесніченко А.Б., к.т.н., ст. викладач, Вітюк М.М., магістрантка**
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій*

**Вступ.** Полікритеріальні оптимізаційні моделі доцільно використовувати при пошуку найкращої стратегії управління одночасно за кількома показниками [1] або при необхідності явно відобразити в математичній моделі (ММ) будь-які інші вимоги, наприклад, до пристроїв регулювання (компенсації) реактивної потужності та/або пристроїв регулювання параметрів електричних мереж, які є елементами технологічної платформи гнучких систем передачі змінного струму – *Flexible Alternative Current Transmission Systems (FACTS)*.

При аналізі ММ багатоцільової оптимізації в якості критерія використовується не скаляр, а вектор

$$\vec{F}(\vec{X}) = \{F_1(\vec{X}), \ldots, F_n(\vec{X})\}, \qquad \vec{X} \epsilon \Omega_x, \tag{1}$$

при цьому задача полягає в одночасній екстремізації всіх *n* критеріїв (цільових функцій)

$$F_i(\vec{X}) \rightarrow \underset{\vec{X} \epsilon \Omega_x}{\mathrm{extr}}, \qquad i = \overline{1,n}. \tag{2}$$

Згідно [2], всі відомі алгоритми синтеза оптимальної системи так або інакше зводяться до об'єднання окремих критеріїв $F_i(\vec{X})$ в узагальнений критерій $\Phi=\Phi(F_i)$, за допомогою якого потім шукають оптимальне рішення в області компромісу. В переважній більшості випадків така процедура є досить складною і громіздкою, тому в практичній діяльності краща альтернатива визначається шляхом експертних оцінок або безпосередньо особою, яка приймає рішення (ОПР), що, безумовно, вносить певний елемент суб'єктивізму.

**Постановка задачі.** Розробити алгоритм пошуку оптимальної стратегії полікритеріального управління з використанням апарату теорії нечітких множин і, зокрема, підходу Беллмана-Заде.

**Матеріали дослідження.** При використанні підходу Беллмана-Заде алгоритм пошуку оптимуму системи (2) полягає в наступному. На першому етапі кожній цільовій функції $F_i(\vec{X}), \vec{X} \epsilon \Omega_x, \ i = \overline{1,n}$ повинна бути поставлена у відповідність нечітка цільова функція (нечітка множина)

$$A_i = \{\vec{X}, \mu_{A_i}(\vec{X})\}, \qquad \vec{X} \epsilon \Omega_x, \;\; i = \overline{1,n} \tag{3}$$

де $\mu_{A_i}(\vec{X})$ – функція приналежності (ФП) нечіткої множини;
$n$ – кількість цільових функцій в ММ.

Як показано в [3], нечітке рішення $D$ при визначених нечітких множинах (3) утворюється в результаті їх перетину

$$D = \prod_{i=1}^{n} A_{i.} \tag{4}$$

Функція приналежності нечіткого рішення $D$ представляється у вигляді

$$\mu_D(\vec{X}) = \min\{\mu_{A_1}(\vec{X}), \dots, \mu_{A_n}(\vec{X})\}. \tag{5}$$

При наявності цілей різної важливості і заданих коефіцієнтах відносної важливості $\alpha_i$ ФП рішення $D$ визначається з виразу

$$\mu_D(\vec{X}) = \min\{\alpha_1 \mu_{A_1}(\vec{X}), \dots, \alpha_n \mu_{A_n}(\vec{X})\}. \tag{6}$$

На підставі (5) або (6) можна отримати оптимальне рішення $\vec{X}^*$, при якому досягається максимальний ступінь приналежності нечіткому рішенню

$$\max_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} \mu_D(\vec{X}) = \max_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} \min \mu_{A_i}(\vec{X}). \tag{7}$$

Для того, щоб використовувати вираз (7), необхідно сформувати відповідні ФП $\mu_{A_i}(\vec{X})$. Цілком обгрунтованими можуть вважатися ФП, побудовані на підставі рекомендацій [4] при пошуку максимуму

$$\mu_{A_i}(\vec{X}) = \frac{F_i(\vec{X}) - \min\limits_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} F_i(\vec{X})}{\max\limits_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} F_i(\vec{X}) - \min\limits_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} F_i(\vec{X}).} \tag{8}$$

або мінімуму

$$\mu_{A_i}(\vec{X}) = \frac{\max\limits_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} F_i(\vec{X}) - F_i(\vec{X})}{\max\limits_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} F_i(\vec{X}) - \min\limits_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} F_i(\vec{X}).} \tag{9}$$

відповідної цільової функції.

Таким чином, другим кроком пошуку рішення є формування ФП для кожної з $n$ функцій моделі (3) відповідно до (8) або (9) і знаходження ФП нечіткого рішення за виразом (5) або (6) в залежності від умов постановки задачі.

Третім (заключним) етапом є визначення оптимуму системи

$$\vec{X}^* = \arg \max_{\vec{X} \epsilon \Omega_x} \min_{i=\overline{1,n}} \mu_{A_i}(\vec{X}). \tag{10}$$

В [5] показано, що множина $D$ досить добре узгоджується з областю Парето для широкого класу ФП $\mu_{A_i}(\vec{X})$.

**Висновки.** Побудова алгоритма пошуку стратегії полікритеріального управління на базі апарату теорії нечітких множин і, зокрема, підходу Беллмана-Заде є доцільною при розв'язанні оптимізаційних задач, що виникають при створенні та/або експлуатації гнучких систем передачі змінного струму. Основними перевагами підходу Беллмана-Заде можуть вважатися: 1) можливість відмовитися від необхідності попереднього виділення області Парето; 2) досить чітке визначення поняття «оптимальне рішення», під яким мається на увазі максимальний ступінь виконання всіх поставлених цілей.

**Перелік посилань**

1. Аввакумов В.Г. Постановка и решение электроэнергетических задач исследования операций. – Киев: Вища шк., 1983.- 240 с.

2. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 288 с.

3. Беллман Р. Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 172-215.

4. Вачнадзе Р.Г., Маркозашвили Н.И. К принятию решений в размытой среде // Сообщения АН ГССР. – 1974. – N 1. –С. 157-160.

5. Feng Ying-jun. A method using fuzzy mathematics to solve the vectormaximum problem // Fuzzy Sets and Systems. – 1983. – 9, N 2. – P. 129-136.